무선 Ad-hoc 네트워크 환경에서 대체 경로를 이용한 데이터 손실 감소 기법

이상림° 김인숙 김문정 엄영익
성균관대학교 정보통신공학부
{srlee°, easy, tops, yieom}@ece.skku.ac.kr

A Routing Mechanism for Reducing Data Loss Using Alternate Path in Wireless Ad-hoc Networks

Sang Rim Lee, In-suk Kim, Moon Jeong Kim, Young Ik Eom
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

최근 이동성을 가진 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 무선 애드 혹 네트워크(Ad-hoc Network)에 대한 연구가 진행되고 있다. 무선 애드 혹 네트워크 환경을 위한 라우팅 프로토콜은 크게 테이블 기반 라우팅 프로토콜, 요구 기반 라우팅 프로토콜, 그리고 혼합형 라우팅 프로토콜로 구분된다. 특히 무선 애드 혹 네트워크의 요구 기반 라우팅 프로토콜 상에서 한 노드에 여러 데이터가 한꺼번에 집중될 경우 데이터 집중화 현상으로 데이터의 손실이 발생될 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 대체 경로를 이용하여 데이터의 손실을 줄이는 라우팅 기법을 제시한다. 제안 기법은 향후 데이터 트래픽이 많이 발생하는 네트워크에 응용될 수 있다.

1. 서 론

최근 이동성을 가진 노드들에 의해 자율적으로 구성되는 무선 애드 혹 네트워크에 대한 연구가 진행되고 있다. 초기 무선 애드 혹 네트워크는 군사적인 목적에서 연구가 시작되었으며 향후 긴급 상황시의 인명구조, 네트워크 게임 등 다양한 응용분야에 적용될 것으로 예상된다[1]. 무선 애드 혹 네트워크 구현을 위해 여러 가지의 라우팅 프로토콜이 제안되고 있으며, 이러한 라우팅 프로토콜이 가져야할 가장 큰 핵심은 라우팅으로 인한 오버헤드를 최소화하면서도 효율적인 라우팅을 지원하는 것이다. 이를 위해 현재 OLSR, TBRPF, DSR, AODV 등의 라우팅 프로토콜들에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[2-5].

본 논문은 무선 애드 혹 네트워크 상에서 이동 데이터가 한 노드로 집중되면서 발생할 수 있는 데이터 손실을 감소시키기 위해 대체 경로를 이용하는 기법을 제안한다. 대체 경로를 사용하여 데이터를 전송할 경우 데이터의 집중화로 인한 데이터 손실을 줄이며, 향후 데이터 트래픽이 많이 발생하는 네트워크에서 유용하게 이용될 수 있다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구를 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법을 설명하고, 시나리오를 보인다. 4장에서는 성능 평가를 통해 제안 기법을 검증한 후, 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론 및 향후과제에 대해서 기술한다.

2. 관련연구

본 절에서는 무선 애드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜의 종류와 무선 애드 혹 네트워크에서의 요구 기반 라우팅 프로토콜에 대하여 설명한다.

2.1. 무선 애드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜의 종류

무선 애드 혹 네트워크에서의 라우팅 프로토콜은 크게 세 가지이다. 첫 번째는 미리 라우팅 정보를 교환하여 데이터를 전송하는 테이블 기반 또는 프로액티브 라우팅 프로토콜로서 OLSR(Optimized Link State Routing), TBRPF(Topology Broadcast Based on Reverse-Path Forwarding) 등이 있다. 두 번째는 데이터가 전송될 때마다 수신자에게 도달하기 위한 라우팅 정보를 수집하는 요구기반 또는 리엑티브 라우팅 프로토콜로서 DSR(Dynamic Source Routing), AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing) 등이 있다. 세 번째는 테이블 기반 라우팅과 요구 기반 라우팅의 혼합형 프로토콜로서 ZRP(Zone Routing Protocol)[6]가 있다.

2.2. 요구 기반(On-Demand)의 라우팅 프로토콜

무선 애드 혹 네트워크에서의 요구 기반 라우팅 프로토콜은 테이블 기반 라우팅 프로토콜과 달리 활성화된 경로만 라우팅 테이블에 유지한다. 따라서 라우팅 테이블을 유지하기 위한 오버헤드가 작고, 활성화된 경로가 단절되었을 때 경로를 복구하여 경로를 재설정할 수 있다. 그러나 요구 기반 라우팅 프로토콜은 경로를 복구하기 위한 네트워크의 대역폭 낭비가 심하고 경로 복구 시간이 긴 문제점을 가지고 있다. 또한 한 노드에서 처리가능한 데이터량보다 많은 양의 데이터가 해당 노드에 집중될 경우 데이터 손실이 발생된다. 이를 해결하기 위해 본 논문은 대체 경로를 이용한 요구기반 라우팅 기법을 제안한다.

3. 대체 경로를 이용한 라우팅 기법

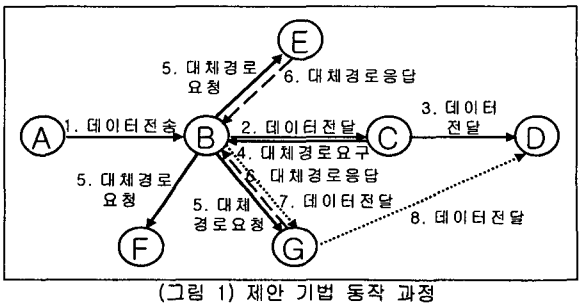
본 절은 논문에서 제안하는 시스템 구성과 각각의 자료구조, 알고리즘, 동작 시나리오에 대하여 살펴보겠다.

3.1. 제안 기법의 개요

본 논문에서는 데이터의 전송경로가 미리 설정되어 있다고 가정하며 데이터 전송 부분에서 나타날 수 있는 데이터 손실을 줄이기 위해 대체 경로를 사용하는 기법을 제안한다.

이 기법은 한 노드에 데이터가 집중되는 경우 데이터 손실의 가능성을 감지하여, 해당 노드에 데이터를 전달한 노드에게 대체 경로로 데이터를 보내도록 요구한다. 따라서 제안 기법은 데이터가 대체 경로를 통해서 라우팅되므로 데이터 집중화로 인한 데이터 손실을 줄일 수 있다. 제안 기법에서는 대체 경로의 요구, 요청, 응답을 위해 AP(Alternate Path) 메시지를 사용한다.

제안 기법의 동작과정은 그림 1에서 보인다.



(그림 1) 제안 기법 동작 과정

그림 1에서 노드 C는 이미 다른 곳에서 온 데이터를 처리하고 있다고 가정한다. 노드 A는 노드 D로 데이터를 보낸다. 이때 노드 B로부터 데이터를 수신한 노드 C는 자신이 처리할 수 있는 데이터량의 임계치를 넘는 데이터를 수신한 경우, 이전에 수신한 데이터는 노드 D에게 전달하고, 대체 경로를 요구하기 위해 노드 B에게 AP 요구 메시지를 보낸다. AP 요구 메시지를 수신한 노드 B는 이웃 노드들에게 대체 경로를 찾기 위한 AP 요청 메시지를 보낸다. 노드 B는 특정 시간 안에 이웃 노드들로부터 받은 대체 경로 요청에 대한 응답 메시지를 통해 최단 거리의 경로를 데이터 전송 경로로 선택한다.

3.2. 메시지 형식

제안 기법에서 대체 경로를 찾을 때 사용되는 AP 메시지의 구조는 그림 2에서 보인다.

TYPE	SEQ	PRI	N
NIA			
NAP			

- Type = 1 : ALTERNATE PATH DEMAND
- Type = 2 : ALTERNATE PATH REQUEST
- Type = 3 : ALTERNATE PATH REPLY

(그림 2) AP 메시지의 구조

TYPE 필드는 대체 경로 요구, 요청 그리고 응답을 구분하며, SEQ 필드는 각각의 AP 메시지를 구분하기 위한 시퀀스 넘버를 표기한다. PRI 필드는 각 노드의 배터리 용량 및 데이터처리량을 기준으로 설정되며 대체 경로 상에 있는 노드들 중에서 최소인 값을 택하여 우선순위를 표기할 때 사용한다. N 필드는 대체 경로 상의 노드의 개수를 저장한다. NIA(Neighbor Interface Address)필드는 이웃 노드의 인터페이스 주소를 저장하며, NAP(Neighbors on Alternate Path) 필드는 대체 경로 상의 노드들을 저장한다.

TYPE이 3인 데이터를 수신한 노드는 경로 상의 노드의 개수가 가장 적으며(N 필드 값이 최소인 것), 우선순위가 높은(PRI 필드 값이 최대인 것) 것을 대체 경로로 선택한다.

3.3. 알고리즘

본 절에서는 처리할 수 있는 데이터의 임계치보다 많은 데이터를 수신했을 때, 이를 발견하고 AP 요구 메시지를 전송하는 알고리즘과 AP 요청 메시지를 전송하는 알고리즘, 그리고 AP 응답 메시지를 전송하는 알고리즘을 소개한다.

(1) 처리 데이터량 확인 후 AP 메시지를 생성하는 경우

모든 노드는 스택을 갖고 있으며, 스택에는 자신에게 데이터를 보낸 노드들을 순서대로 저장한다.

알고리즘 1은 처리할 수 있는 데이터의 임계치보다 많은 데이터를 수신했을 때 AP 메시지를 생성하는 것을 보인다.

```
compare threshold with input data;
if ( input data >= threshold ) {
  do {
    find a latest node from stack;
    set TYPE 1 in AP demand message;
    report the AP demand message to the latest node;
    delete the latest node from stack;
  } while ( input data >= threshold )
}
```

(알고리즘 1) 처리 데이터량 체크 및 AP 메시지 생성

알고리즘 1에서 데이터를 수신한 노드는 자신이 수신한 데이터가 처리할 수 있는 임계치보다 작아질 때까지 AP 요구 메시지를 생성한다. 이를 위해 최근에 데이터를 보낸 노드로 AP 요구 메시지를 해당 노드에 전송한다.

(2) AP 메시지를 수신한 경우

AP 메시지를 수신한 노드가 TYPE에 따라 AP 메시지를 처리하는 과정은 알고리즘 2에서 보인다.

```
check AP message;
switch ( TYPE field )
case 1 : // receive AP demand message
      set TYPE 2 in AP message;
      timer on and timer start;
      broadcast AP message;
case 2 : // receive AP request message;
      find alternate path;
      set TYPE 3 in AP message;
      report the message to the request node;
case 3 : // receive AP reply message;
      if ( time out or timer off ) {
         discard the message;
         perform algorithm 3;
      }
      else
         save the message contents;
```

(알고리즘 2) AP 메시지 처리

알고리즘 2에서 AP 메시지를 수신한 노드는 메시지의 TYPE이 1, 2 또는 3인지 확인하고, TYPE에 따라 처리한다.

TYPE이 1인 경우, 즉 AP 요구 메시지인 경우는 TYPE이 2인 새로운 AP 요청 메시지를 생성하고 타이머를 on상태로 동작시킨 다음 이웃 노드들에게 대체 경로를 요청한다.

TYPE이 2인 경우, 즉 AP 요청 메시지인 경우는 대체 경로를 찾아 TYPE이 3인 새로운 AP 응답 메시지를 생성하고 AP 요청 메시지를 보낸 노드에게 전송한다.

TYPE이 3인 경우, 즉 AP 응답 메시지인 경우는 타이머가 정지되어 있거나 타이머가 off 상태이면 그 메시지를 버리고 알고리즘 3을 수행한다. 타이머가 활성화되어 있으면 받은 메시지의 내용을 라우팅 캐시에 저장한다.

대체 경로로 데이터를 전송한 노드는 데이터 전송 후, 일정 시간 동안 대체 경로를 저장한다. 이는 기존 최단 경로 상의 다음 노드에서 임계치값보다 수신한 데이터가 많은 경우가 어느 정도 일어남을 보장해 주어, 반복적으로 대체 경로 찾기 알고리즘을 수행하지 않도록 하기 위함이다. 그리고 일정 시간이 지난 후 대체 경로를 삭제한다.

(3) 최단 경로 계산

AP 응답 메시지를 받은 노드에서 최단 경로를 선택하기 위한 처리과정은 알고리즘 3에서 보인다.

```
if ( timer on && timer stop ) {
  if ( time out ) {
    timer off;
    computation alternate shortest path;
    find a node of min(shortest path);
    save the path;
    send data to the node;
  }
}
```

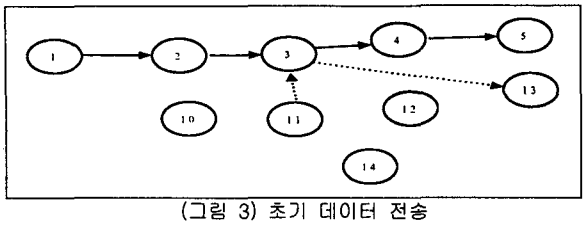
(알고리즘 3) 최단 경로 계산

AP 응답 메시지를 받은 노드는 타이머가 On이며 타이머가 정지되어 있는 경우, 타이머를 Off 시키고 이웃 노드들로부터 알게 된 대체 경로 중 최단 경로를 선택하여 저장한 후 대체 경로를 가진 노드로 데이터를 전송한다.

3.4. 동작 시나리오

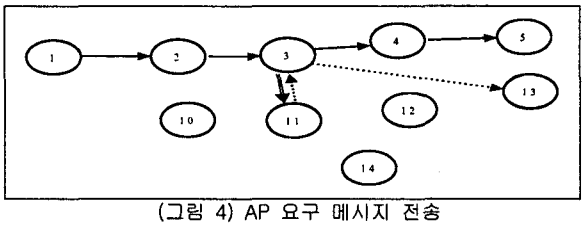
다음 시나리오는 노드 1이 노드 5에게 데이터 전송을 시도한 후, 노드 11이 노드 13에게 데이터 전송을 시도하는 경우이다. 이때, 노드 3은 수신한 데이터가 임계치보다 많아지므로 노드 11에게 AP 요구 메시지를 보내고, 노드 11은 대체 경로를 찾아 대체 경로로 데이터를 전송한다.

노드 1이 노드 5에게 데이터를 전송하는 도중 노드 11이 노드 13에게 데이터를 전송함을 그림 3에서 보인다.



(그림 3) 초기 데이터 전송

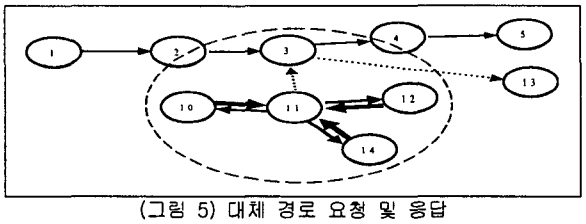
그림 3에서 노드 1과 노드 11의 데이터가 노드 3으로 집중되면서 노드 3은 임계치보다 많은 데이터가 들어오게 된다. 이로 인해 노드 3이 노드 11에게 AP 요구 메시지를 전송하는 과정을 그림 4에서 보인다.



(그림 4) AP 요구 메시지 전송

그림 4에서 노드 3은 최근에 데이터를 보낸 노드 11에게 AP 요구 메시지를 보낸다.

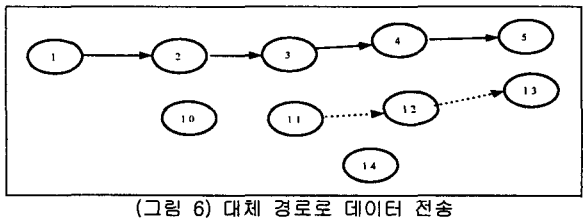
이로 인한 대체 경로 요청 및 응답 과정은 그림 5에서 보인다.



(그림 5) 대체 경로 요청 및 응답

그림 5에서 AP 요구 메시지를 받은 노드 11은 이웃 노드들에게 AP 요청 메시지를 전송한다. AP 요청 메시지를 받은 노드들은 자신에게 목적지 노드로의 경로가 존재할 경우 AP 응답 메시지를 생성하여 노드 11에게 전송한다. 노드 11은 AP 응답 메시지를 받아 라우팅 캐시에 저장한 후, 타이머가 On이며 타이머가 정지되어 있을 때 수신한 대체 경로 중 최단 경로를 선택한다.

AP 응답 메시지를 받은 노드가 선택한 대체 경로로 데이터를 전송하는 과정을 그림 6에서 보인다.



(그림 6) 대체 경로로 데이터 전송

그림 6에서 노드 11은 선택한 대체 경로를 라우팅 캐시에 저장한 후, 대체 경로로 데이터를 전송한다.

4. 성능 평가

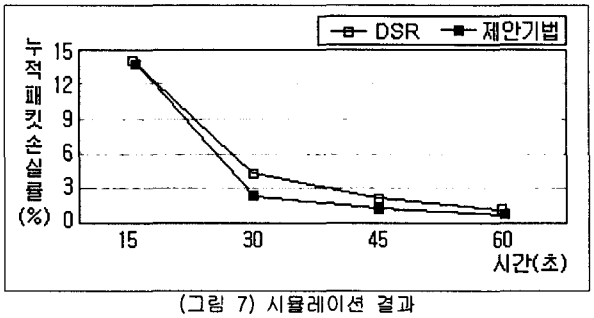
(1) 시뮬레이션 환경

제안 기법의 성능 평가를 위해 NS2 2.26 [7]을 사용했으며, 비교 모델로는 요구 기반의 라우팅 프로토콜인 DSR을 사용하였다.

시뮬레이션을 실시한 지역의 크기는 가로 1000m, 세로 1000m로 하였으며 총 노드 수는 10개로 하였다. 데이터 전송 시각과 전송량, 각 노드의 이동 방향과 이동 속도 그리고 정지 시간을 임의로 하여 누적 패킷 손실률을 측정하였다.

(2) 시뮬레이션 결과

DSR과 제안 기법의 시간에 따른 패킷 손실률은 그림 7에서 보인다.



(그림 7) 시뮬레이션 결과

그림 7에서 대체 경로를 이용하여 데이터를 전송하는 제안 기법이 기존 DSR 전송 기법보다 패킷 손실률이 적은 것을 알 수 있다. 기존의 DSR 라우팅 프로토콜을 사용할 때에 비해 제안 기법을 추가하여 데이터를 전송할 때 더 많은 데이터를 전송할 수 있었다.

5. 결론 및 향후 과제

무선 애드 혹 네트워크에 대한 관심이 집중되면서 여러 종류의 라우팅 프로토콜이 제안되고 있다. 이중 요구기반의 라우팅 프로토콜은 데이터를 전송할 때 데이터의 집중화로 인해 데이터의 손실이 일어날 수 있다.

본 논문에서는 한 노드에 데이터가 집중될 경우 AP 메시지를 이용해 대체 경로를 찾음으로써 데이터의 손실을 줄이면서 전송하는 기법을 제시하였다. 이 기법은 향후 데이터 트래픽이 많이 발생하는 네트워크에 응용될 수 있으며 QoS 데이터 전송에 응용될 수 있다.

향후 대체 경로 탐색을 위해 시간이 지연되는 것을 방지할 수 있는 방안이 강구되어야 한다.

참고문헌

[1] http://kmh.ync.ac.kr/Network2/mobile/2000/itr03-20000300.htm

[2] T. Clausen and P. Jacquet, "Optimized Link State Routing Protocol," Internet Draft, IETF MANET WG, draft-ietf-manet-olsr-11.txt, Jul. 2003

[3] R. Ogier, F. Templin and M. Lewis, "Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding," Internet Draft, IETF MANET WG, draft-ietf-manet-tbrpf-10.txt, Jul. 2003

[4] D. B. Johnson, D. A. Maltz and Y. C. Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol," Internet Draft, IETF MANET Working Group, draft-ietf-manet-dsr-09.txt, Apr. 2003

[5] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing," RFC: 3561, IETF MANET WG

[6] http://reseaucitoyen.be/Zrp.html

[7] http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial, Tutorial for the Network Simulator "ns"